"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد هفتم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹۷
(ص ۱۱-۱)

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 7, No.: 1, Spring and Summer 2018
(pp: 1-11)
DOI: 10.22034/ijsst.2017.107992.1004

# تعیین دماهای کاردینال دو گونه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia sativa; Vicia pannonica*) در واکنش به دما و پتانسیل‌های مختلف آب با استفاده از مدل دو تکه‌ای

**بتول مهدوی[1*]، حسین صفری[2]**

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۵)

**چکیده**

این تحقیق با هدف بررسی جوانه‌زنی دو گونه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia pannonica* و *Vicia sativa*) تحت دماهای (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و پتانسیل‌های آبی مختلف (۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار) در آزمایشگاه زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما با استفاده از مدل دو تکه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در پتانسیل‌های مختلف آب، دمای پایه برای جوانه‌زنی گونه *Vicia pannonica* بین ۳/۶۵- تا ۱/۳۹، دمای مطلوب بین ۲۳/۹۹ تا ۲۵/۵۷ و دمای سقف بین ۳۰ تا ۵۸/۵۴ درجه سانتی‌گراد بود. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۲/۲۹ تا ۷۴/۹۷ ساعت بود. همچنین در پتانسیل‌های مختلف آب، دمای پایه برای جوانه‌زنی گونه *Vicia sativa* بین ۳/۵۴- تا ۱/۳۹، دمای مطلوب بین ۲۲/۷۰ تا ۲۵/۶۴ و دمای سقف بین ۳۰ تا ۴۲/۲۸ درجه سانتی‌گراد بود. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۳/۱۰ تا ۸۳/۵۴ ساعت بود. نتایج مربوط به سرعت جوانه‌زنی در هر دو گونه حاکی از آن بود که با افزایش پتانسیل آب، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. در تمامی پتانسیل‌های آب روند سرعت جوانه‌زنی تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایشی و پس از آن کاهشی بود. از این پارامترها و روابط بدست آمده می‌توان برای پیش بینی زمان تا جوانه‌زنی یا سبز شدن این دو گونه ماشک گل خوشه‌ای در پتانسیل‌های مختلف آب استفاده نمود.

**کلمات کلیدی:** پتانسیل آب، دما، سرعت جوانه‌زنی، ماشک گل خوشه‌ای، مدل دو تکه‌ای

# Determination cardinal temperatures of vetch (*Vicia sativa*; *Vicia pannonica*) in response to temperature and different water potential using segmented model

**B. Mahdavi[1]*, H. Safari[2]**

1. Assistant Professor of agronomy, Department of Agronomy, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2. Graduated MSc in Agronomy (Masters), Department of Agronomy, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
(Received: Oct. 15, 2016 – Accepted: Jan. 24, 2017)

**Abstract**

This study was conducted to study germination two species of vetch (*Vicia sativa*; *Vicia pannonica*) under temperatures (5, 10, 15, 20, 25, and 30 °C) and different water potentials (0, -2, -4, -6, -8 and -10 bar) at the Vali Asr Rafsanjan University laboratory in completely randomized design arranged as a factorial with four replications. The segmented function was evaluated to describe the relationship between germination rate and temperature. Results showed base temperature for germination of *Vicia pannon*ica was -3.65 to 1.39, optimum temperature 23.99 to 25.57 and ceiling temperature 30 to 58.54 under different water potentials. The biological hours for germination of this specie were 32.29 to 74.97 hours under different water potentials. Also, base temperature for germination of *Vicia sativa* was -3.54 to 1.39, optimum temperature 22.70 to 25.64 and ceiling temperature 30 to 42.28 under different water potentials. The biological hour requirements for germination of this specie were between 33.10 to 83.54 hours under different water potentials. The results of germination rate in both species showed that with increasing water potential, germination rate decreased. In all of water potentials germination rate increased to 25°C and then decrease. Estimated parameters and the relations can be used to prediction time to germination or emergence in two species of vetch under different water potentials.

**Keywords:** Germination rate, Segmented Model, Temperature, Vetch, Water potential

* Email: b.mahdavi@vru.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

## مقدمه

جوانه‌زنی یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاه (De Villiers *et al*., 1994) و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه است (Forcella *et al*., 2000). جوانه‌زنی بذر در شرایط رطوبت مناسب به شدت به دما وابسته است. زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی شاخصی است که به شدت تحت تاثیر شرایط حاکم بر جوانه‌زنی و به ویژه دما قرار می‌گیرد (Alvarado, 2000). گیاهان دارای سه دمای کاردینال شامل دمای پایه یا حداقل، دمای مطلوب و دمای حداکثر یا سقف برای جوانه‌زنی هستند. دمای پایه و حداکثر دماهایی هستند که به ترتیب در دماهای پایین‌تر و بالاتر از آن‌ها، جوانه‌زنی متوقف می‌شود و دمای مطلوب دمایی است که در آن جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن اتفاق می‌افتد. یعنی سرعت جوانه‌زنی در حداکثر است (Alvarado and Bradford, 2002). معمولاً تفاوت دماهای کاردینال در ارقام مختلف در داخل یک گونه اندک است، بنابراین می‌توان در هر گونه مقدار آن‌ها را ثابت در نظر گرفت مگر آن‌که آزمایش‌ها و شواهد نتایجی به غیر از این را برای یک رقم خاص نشان دهند (Soltani *et al*., 2006). در ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی تحقیقات زیادی در زمینه تعیین دماهای کاردینال و کمّی کردن رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن در برابر دما با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی صورت گرفته است (Ghaderi Far *et al*., 2009; Kamkar *et al*., 2006; Soltani *et al*., 2006). ترابی و همکاران (Torabi *et al*., 2013) با استفاده از توابع دوتکه‌ای، بتا و دندان مانند واکنش جوانه‌زنی ارقام مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) نسبت به دما را بررسی کردند که تابع دوتکه‌ای به عنوان تابع برتر شناخته شد. براساس این تابع دماهای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی برای گلرنگ به ترتیب ۵، ۳۲ و ۴۸ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. همچنین برای کمّی کردن واکنش سبز شدن نخود (*Cicer arietinum*) نسبت به دما از تابع دندان مانند استفاده شد که دمای پایه این گیاه بر اساس این مدل برابر ۴/۵ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب تحتانی و فوقانی به ترتیب ۲۰/۲ و ۲۹/۰ درجه سانتی‌گراد و دمای سقف ۳۹/۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شدند (Torabi and Soltani, 2013). برخی از محققان برای واکنش سبزشدن باقلا (*Vicia faba* L.) نسبت به دما از توابع بتا، دوتکه‌ای، منحنی، درجه دو و دندان مانند استفاده کردند و نتایج نشان داد که واکنش سبزشدن باقلا نسبت به دما، به وسیله‌ی تابع دوتکه‌ای بهتر از سایر مدل‌ها توصیف می‌گردد (Ajam Norouzi *et al*., 2007). برآورد دماهای کاردینال توسط تابع دوتکه‌ای نشان داد که برای ارقام مختلف باقلا دمای پایه از ۰/۹۸ تا ۱/۶۱ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب از ۲۴/۹۹ تا ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود و دمای سقف برای همه ارقام ۳۵ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. مدل‌های ریاضی متعددی برای توصیف الگوی جوانه‌زنی در واکنش به دما و پتانسیل آب ارائه شده‌اند (Tan *et al*., 1997). از این میان، سه تابع دوتکه‌ای، بتا و دندان مانند برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما بیشتر از بقیه استفاده شده‌اند (Kebreab and Murdoch, 2000). در مطالعات اخیر، کمّی‌سازی سرعت جوانه‌زنی در واکنش به دما و پتانسیل آب با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی در گندم و جو بررسی و دماهای کاردینال این گیاهان تعیین شد (Kalili *et al*., 2013; Nozari Nejad *et al*., 2013). برخی از محققان واکنش جوانه‌زنی چهار نوع شبدر را در دماهای مختلف بررسی کردند (Iannucci *et al*., 2000). آن‌ها دمای پایه برای جوانه‌زنی شبدر برسیم (*Trifolium alexandeinum* L.)، کریمسون (*Trifolium incarnatum* L.)، پرشن (*Trifolium risupinatum* L.) و اسکوراسیوم (*Trifolium squarrosum* L.) را به ترتیب ۰/۸، ۰/۴، ۱/۵ و ۰/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. در کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی سه گیاه دارویی

Archive of SID

www.SID.ir

کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo*)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و گاوزبان (*Borago officinalis* L.) به دما و پتانسیل آب از مدل‌های دندان مانند، دو تکه‌ای و بتا استفاده شد و دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف و ساعت زیستی این گیاهان برآورد شد (Akram Ghaderi *et al*., 2008). آزمایشات زیادی در زمینه کمّی کردن رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و یا سبزشدن در برابر دما و نیز تعیین دماهای کاردینال در ارقام مختلف گیاهان زراعی با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی صورت گرفته است (Akram Ghaderi *et al*., 2008; Ghaderi Far *et al*., 2009; Wang *et al*., 2009).

دمای پایه برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گلرنگ ۵/۰ تا ۶/۹ درجه سانتی‌گراد و شبدر ۰/۲ تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد، گزارش شده است (Torabi *et al*.,2013; Iannucci *et al*., 2000). دمای مطلوب برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گلرنگ ۳۱/۴ تا ۳۴/۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (Torabi *et al*.,2013). ساعت زیستی لازم برای سبزشدن ارقام مختلف نخود، ۶/۱ روز (Soltani *et al*., 2006) و ۷/۹ روز (Torabi and Soltani, 2013) و برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گلرنگ ۱۸/۷ روز (Torabi *et al*., 2013) گزارش شد.

*Vicia pannonica* گیاهی است یک ساله با ساقه‌های خشن و راست و برگ‌های شانه‌ای پهن متشکل از دو تا پنج جفت برگچه است. این گیاه آب و هوای مرطوب را ترجیح می‌دهد و مقاومت آن به سرمای زمستان زیاد نیست ولی زمستان‌های معتدل را بخوبی تحمل می‌کند. *Vicia sativa*، ماشک گل خوشه‌ای زراعی گونه‌ای یک ساله با ساقه‌ی بلند به ارتفاع ۸۰-۴۰ سانتی متر و برگ‌های شانه‌ای متوسط متشکل از دو تا پنج جفت برگچه است. این گیاه به عنوان یک گیاه علوفه‌ای زراعت می‌شود. ماشک گل خوشه‌ای زراعی در استان‌های شمالی کشور آذربایجان لرستان همدان و به صورت پراکنده در سایر مناطق کشور رشد می‌کند.

این تحقیق برای ارزیابی مدل‌های مختلف رگرسیونی برای کمی کردن واکنش درصد جوانه‌زنی دو گونه ماشک گل خوشه‌ای به دما در پتانسیل‌های مختلف آب صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه بذر گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار اجرا شد که در آن عامل اول دو گونه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia pannonica* و *Vicia sativa*)، عامل دوم پتانسیل‌های مختلف آب در شش سطح (۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار) و عامل سوم دما در شش سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) بودند. تیمارهای دمایی توسط انکوباتور با دقت ۰/۵ درجه سانتی‌گراد تامین گردید. پتانسیل‌های آب بر اساس فرمول میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG6000) تهیه (رابطه ۱ و جدول ۱) و برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش کاغذهای صافی در محلول‌های تهیه شده برای پتانسیل‌های مختلف قرار داده شدند. پتری دیش‌ها برای ضدعفونی به مدت ۲۴ ساعت در آون دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. کف پتری دیشرها با یک کاغذ صافی پوشانده شده و ۵۰ عدد بذر در داخل هر پتری دیش قرار گرفت. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر ۲۴ ساعت یکبار صورت گرفت و معیار بذر جوانه زده خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود (ISTA, 2009).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر مورد نیاز برای ایجاد پتانسیل‌های محلول اسمزی پلی‌اتیلن گلایکول (برحسب گرم در لیتر)

Table 1- Required amount for creating osmotic potentials of polyethylene glycol (g/L).

| پتانسیل آب (بار) Water potentials (bar) | دما Temperature (°C) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| | غلظت محلول پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (گرم در لیتر آب) Polyethylene glycol concentration (g/L Water) | | | | | |
| -2 | 94.4 | 99.8 | 105.8 | 112.4 | 119.5 | 127.9 |
| -4 | 147 | 153.9 | 161.4 | 169.5 | 178.3 | 188.2 |
| -6 | 188.2 | 196 | 204.5 | 213.7 | 223.6 | 234.7 |
| -8 | 223.1 | 231.7 | 241 | 251 | 262 | 273.8 |
| -10 | 254 | 263.3 | 273.3 | 284 | 295.7 | 308.4 |

در طول آزمایش درصورت نیاز محلول مربوطه به ظرف‌های پتری اضافه شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها از برنامه جرمین (Germin) (Soltani and Maddah, 2010) استفاده شد که این برنامه زمان لازم برای رسیدن به ۱۰ (D10)، ۵۰ (D50) و ۹۰ (D90) درصد حداکثر جوانه‌زنی را محاسبه می کند. این برنامه این پارامترها را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون یابی خطی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند. برای کمی کردن واکنش جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای کاردینال از مدل زیر استفاده شد (Soltani *et al.*, 2006).

$$R50=f(T)\ Rmax \qquad (۲)$$

در این رابطه f(T) تابع دما است که از صفر در دمای پایه و سقف تا ۱ در دمای مطلوب تغییر می‌کند و Rmax حداکثر سرعت ذاتی جوانه‌زنی در دمای مطلوب است. بنابراین 1/Rmax حداقل ساعت تا جوانه‌زنی را در دمای مطلوب نشان می‌دهد که همان تعداد ساعت زیستی مورد نیاز برای جوانه‌زنی می‌باشد. برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما در پتانسیل‌های مختلف تابع دمایی دو تکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (Soltani *et al.*, 2006).

معادله تابع دو تکه‌ای (۲)

$$f(T)=\frac{T-T_b}{T_o-T_b} \quad \text{اگر} \quad T_b \le T \le T_o$$

$$f(T)=\left[1-\frac{T-T_b}{T_c-T_o}\right] \quad \text{اگر} \quad T_0<T<T_c$$

$$f(T)=0 \quad \text{اگر} \quad T \le T_b \text{ or } T \ge T_c$$

در این روابط T دمای متوسط روزانه (دمای آزمایش)، $T_b$ دمای پایه، $T_O$ دمای مطلوب، $T_c$ دمای سقف بر حسب درجه سانتی‌گراد است. تخمین پارامتر مدل مذکور با روش مطلوب سازی تکراری به کمک رویه NLIN در نرم افزار SAS صورت گرفت (Soltani, 2007).

## نتایج و بحث

با توجه به تعیین دماهای کاردینال توسط مدل دوتکه‌ای دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia pannonica* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب به ترتیب بین ۳/۶۵- تا ۱/۳۹، ۲۳/۹۹ تا ۲۵/۵۷ و ۳۰ تا ۵۸/۵۴ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۲/۲۹ تا ۷۴/۹۷ ساعت بود (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- برآورد دمای پایه ($T_b$، درجه سانتی‌گراد)، دمای مطلوب ($T_o$، درجه سانتی‌گراد) و دمای سقف ($T_c$، درجه سانتی‌گراد)، و تعداد ساعت زیستی ($G_o$) برای سبز شدن (۵۰ درصد جمعیت) در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای.

Table 2- Estimates of base temperature ($T_b$, °C), optimum temperature ($T_o$, °C), ceiling temperature ($T_c$, °C) and biological hour ($G_o$), for emergence of two species of vetch

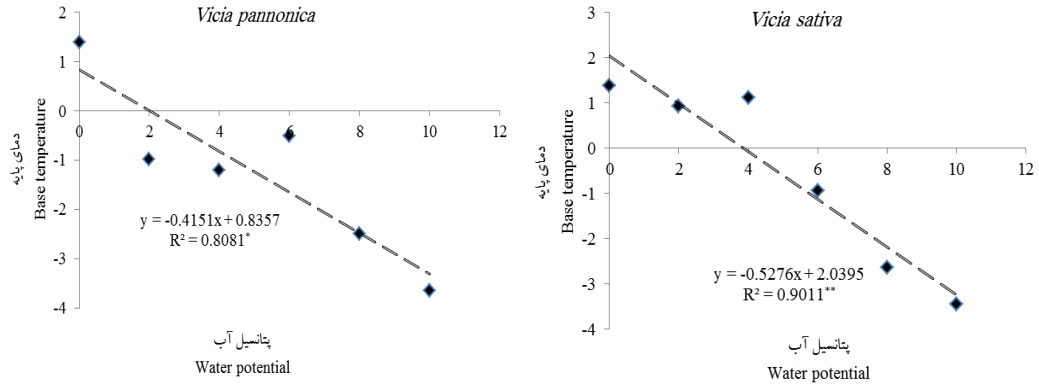
| گونه Species | پتانسیل آب (بار) Water potentials (bar) | $T_b$ | $T_o$ | $T_c$ | $G_o$ | RMSE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Vicia pannonica* | 0 | 1.39 ± 0.68 | 25.57 ±0.55 | 58.54 ±4.12 | 32.29 ±0.77 | 0.00085 |
| | -2 | -0.98 ± 1.56 | 24.86 ±1.01 | 54.52 .±10.53 | 40.13±1.46 | 0.00115 |
| | -4 | -1.20 ± 1.26 | 24.62 ±0.76 | 50.00 ±5.99 | 49.25 ±1.46 | 0.00075 |
| | -6 | -0.50± 0.83 | 24.26 ±0.32 | 34.32 ±0.58 | 47.79 ±1.19 | 0.00059 |
| | -8 | -2.50 ± 0.85 | 24.21 ±0.22 | 32.14± 0.26 | 69.31 ±1.45 | 0.00032 |
| | -10 | -3.65 ±1.65 | 23.99± 0.67 | 30.00±0.52 | 74.97 ±6.02 | 0.00116 |
| *Vicia sativa* | 0 | 1.39 ± 0.18 | 25.64 ±0.13 | 42.28±0.60 | 33.10 ± 0.21 | 0.00023 |
| | -2 | 0.92 ±0.64 | 24.86 ±0.27 | 35.34 ±0.57 | 36.70 ± 0.77 | 0.00064 |
| | -4 | 1.12 ±1.16 | 24.82 ±0.55 | 36.87 ±1.43 | 43.23±1.64 | 0.00084 |
| | -6 | -0.93 ± 3.51 | 24.95 ±1.38 | 37.32 ±3.70 | 55.34 ±5.12 | 0.00189 |
| | -8 | -2.64 ±2.07 | 23.83 ±0.79 | 36.78 ±1.91 | 68.92 ± 3.23 | 0.00079 |
| | -10 | -3.45 ±1.93 | 22.70 ±1.03 | 30.00 ±0.77 | 83.54 ±7.63 | 0.00127 |

همچنین دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia sativa* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب به ترتیب بین ۳/۵۴- تا ۱/۳۹، ۲۲/۷۰ تا ۲۵/۶۴ و ۳۰ تا ۴۲/۲۸ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۳/۱۰ تا ۸۳/۵۴ ساعت بود (جدول ۱). با توجه به نتایج گزارش شده در شکل ۱ دمای پایه جهت جوانه‌زنی در هر دو گونه (*Vicia pannonica* و *Vicia sativa*) روند یکسانی داشتند به طوری که با افزایش پتانسیل آبی تا ۱۰- بار در هر دو گونه کاهش یافت. در خصوص نتایج مربوط به پتانسیل آب و تعیین دمای مطلوب برای دو گونه مورد بررسی همان‌گونه که در شکل (۲) گزارش شده است در اثر افزایش پتانسیل آب، دمای مطلوب از تیمار شاهد (صفر بار) تا فشار ۱۰- بار کاهش یافت. ضریب تبیین پتانسیل آب و دمای مطلوب گونه *Vicia pannonica* برابر با ۰/۹۰ بود و برای گونه *Vicia sativa* برابر با ۰/۸۲ بدست آمد که نشان‌دهنده برازش خط مناسب‌تر برای گونه مذکور می‌باشد. در اثر افزایش پتانسیل آب از تیمار شاهد تا ۱۰- بار روند کاهشی در دمای سقف مشاهده گردید. ضریب تبیین پتانسیل آب و دمای سقف برای گونه *Vicia pannonica* و *Vicia sativa* به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۵۸ مشاهده گردید (شکل ۳). نتایج بدست آمده برای تعداد ساعت زیستی جهت جوانه‌زنی گونه‌های ماشک گل خوشه‌ای تحت پتانسیل‌های مختلف آبی نشان داد که در اثر افزایش پتانسیل آبی تعداد ساعت زیستی نیز در سطح یک درصد افزایش یافت و روند افزایشی در هر دو گونه بطور یکسان عمل کرد (شکل ۴).

ضریب تبیین پتانسیل آب و ساعت زیستی برای گونه *Vicia pannonica* و *Vicia sativa* به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۹۵ مشاهده گردید که میزان دقت برازش خط بین نقاط پتانسیل آب و ساعت زیستی برای گونه دوم را بیان می‌کند (شکل ۴). روند درصد جوانه‌زنی تجمعی نشان داد که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بذرهای شاهد در گونه *Vicia pannonica* بعد از روز چهارم (شکل ۵) و در گونه *Vicia sativa* بعد از روز پنجم (شکل ۶) جوانه زدند و با افزایش پتانسیل آب به ۸- بار این زمان در هر دو گونه به هفت روز افزایش یافت.

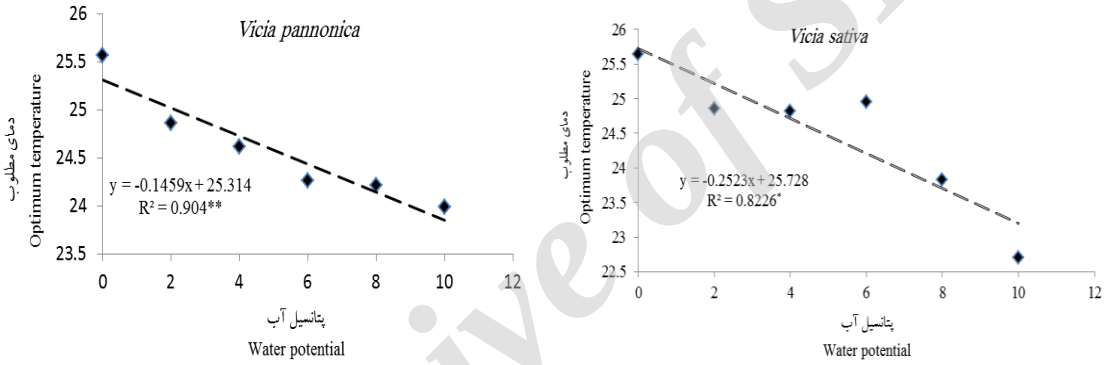
Archive of SID

www.SID.ir



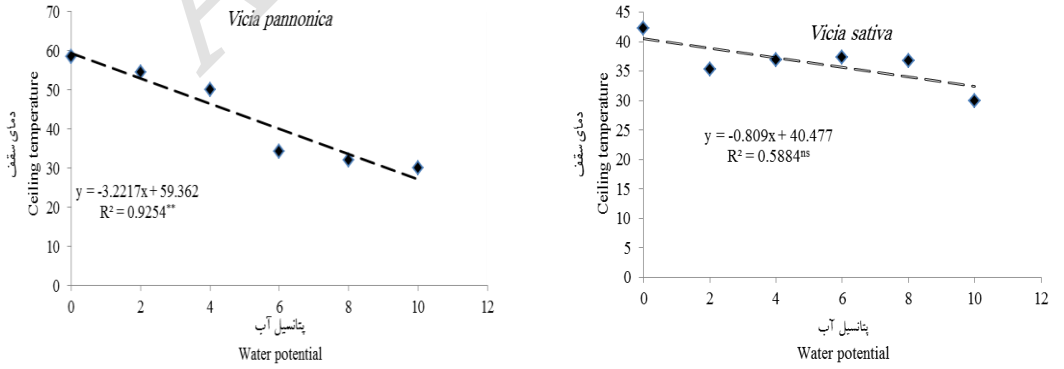

شکل ۱- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر دمای پایه برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 1- Effect of water potential (bar) on estimated base temperature in two species of vetch




شکل ۲- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر دمای مطلوب برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 2- Effect of water potential (bar) on estimated optimum temperature in two species of vetch

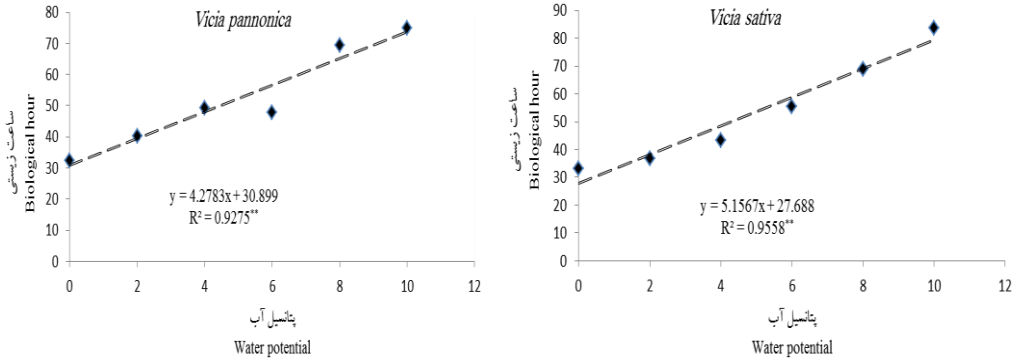



شکل ۳- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر دمای سقف برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 3- Effect of water potential (bar) on estimated ceiling temperature in two species of vetch

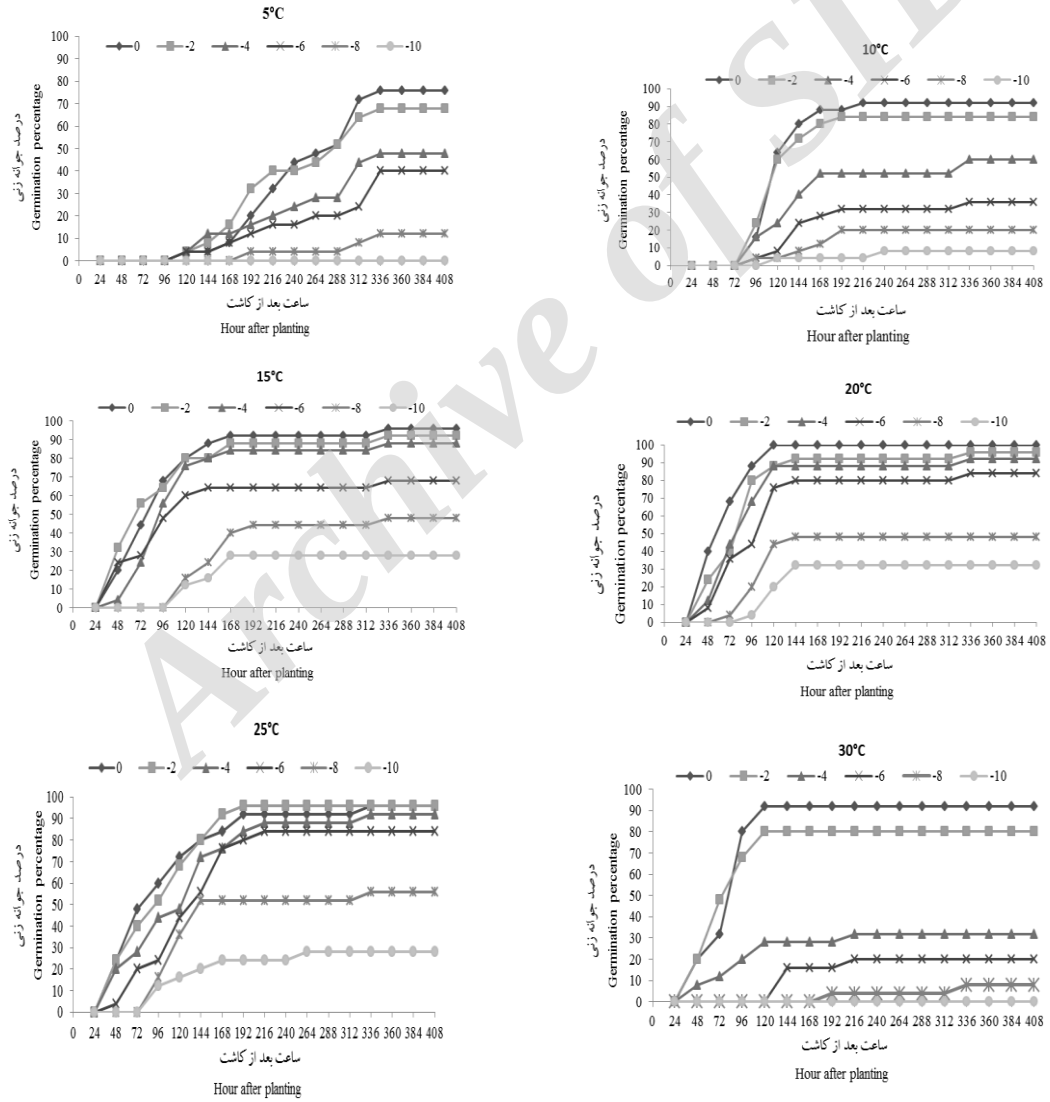
Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۴- تاثیر پتانسیل آب بر حسب بار بر ساعت زیستی برآورد شده در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای

Figure 4- Effect of water potential (bar) on estimated biological hour in two species of vetch

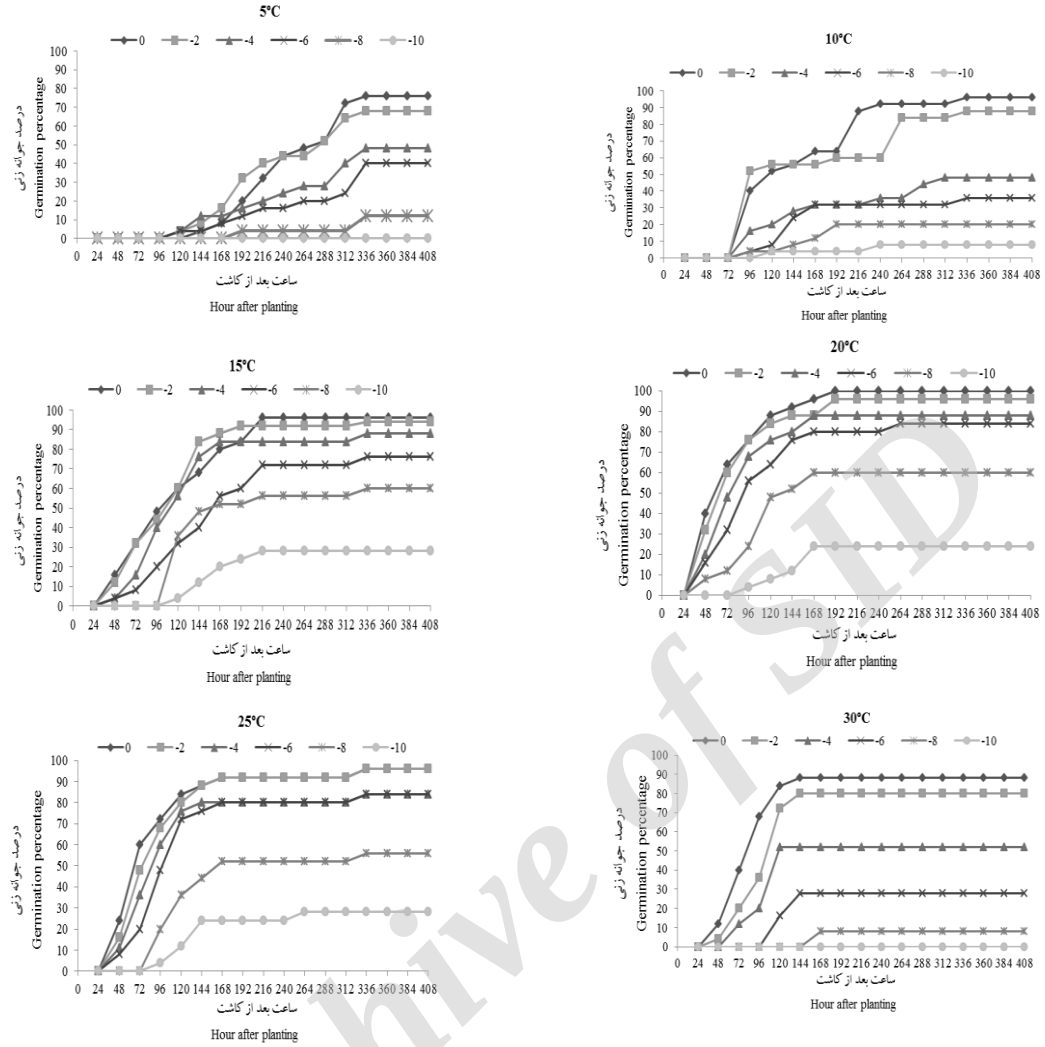



شکل ۵- جوانه‌زنی بذرهای ماشک گونه *Vicia pannonica* تحت تأثیر سطوح مختلف پتانسیل آب (بار) در گستره دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در طی ۴۰۸ روز

Figure 5- Germination of *Vicia pannonica* seeds under different levels of water potential (bar) and temperature range between 5 to 30 during 17 days

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ٦**- جوانه‌زنی بذرهای ماشک گونه *Vicia sativa* تحت تأثیر سطوح مختلف خشکی (بار) در گستره دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در طی ٤٠٨ ساعت

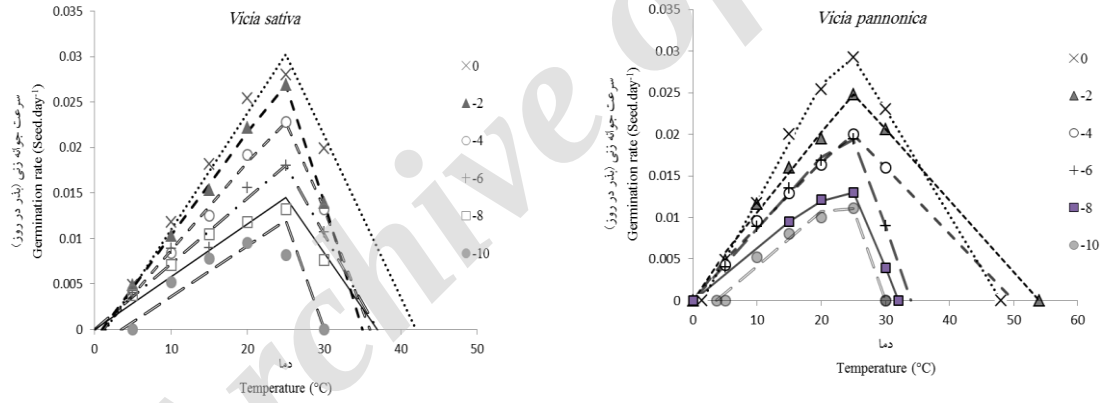
Figure 6- Germination of *Vicia sativa* seeds under different levels of water potential (bar) and temperature range between 5 to 30 during 17 days

در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، هر دو گونه در تمامی سطوح تنش اسمزی به غیر از ۱۰- بار بذرها بعد از سه روز جوانه زدند. در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بذرهای هر دو گونه در تمامی پتانسیل‌های اسمزی به غیر از ۸- و ۱۰- بار بعد از روز اول جوانه زدند. در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، بذرهای شاهد هر دو گونه بعد از روز اول جوانه زدند و با افزایش پنانسیل اسمزی جوانه‌زنی به تأخیر افتاد تا درپتانسیل ۱۰- بار به صفر رسید. با افزایش دما سرعت جوانه‌زنی تا سقف دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر دو گونه افزایش یافت که این امر در مورد تمامی پتانسیل‌های آبی صادق بود و پس از آن با افزایش دما به بیش از ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش سرعت جوانه‌زنی در تمامی پتانسیل‌ها و هر دو گونه مشاهده شد (شکل ۷). محققین دیگر نیز کاهش جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد را نسبت به سایر دماها گزارش کردند (Guan *et al.*, 2009). تحقیقات نشان داده است که در این دما جوانه‌زنی احتمالاً به علت یخ زدگی جنین، عدم فعالیت متابولیکی آن و القا کمون در بذر ممانعت می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

(Bradbeer, 1988). از طرفی دمای بالا به دلیل حفظ محتوای بالای اسید آبسیزیک درون بذر سبب محدود شدن جوانه‌زنی بذر می‌شود (Toyomasu *et al.*, 1993). زینلی و همکاران (Zeinli *et al.*, 2010) تأثیر هفت دمای ثابت بین ۵ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ۱۲ رقم گندم مورد ارزیابی قرار دادند. دمای پایه‌ی ارقام گندم مورد مطالعه از ۲/۰۴ تا ۲/۹ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب از ۳۱/۸۱ تا ۳۵/۴۲ درجه سانتی‌گراد و دمای سقف از ۳۸/۰۸ تا ۴۲/۰۸ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. همچنین در مطالعه‌ای دیگر واکنش جوانه‌زنی چهار نوع شبدر را در دماهای مختلف بررسی گردید (Iannucci *et al.*, 2000). آن‌ها دمای پایه برای جوانه‌زنی شبدر برسیم (*Trifolium alexandeinum* L.)، کریمسون (*Trifolium incarnatum* L.)، پرشین (*Trifolium risupinatum* L.) و اسکوراسیوم (*Trifolium squarrosum* L.) را به ترتیب ۰/۸، ۰/۴، ۱/۵ و ۰/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. در تحقیق مشابه‌ای مشخص گردید که دمای پایه برای جوانه‌زنی دهک‌های مختلف در چهار رقم *Panicum virgatum* بین ۵/۵ تا ۱۰/۹، در سه رقم *Andropogon gerardii* بین ۷/۳ تا ۸/۷، در دو رقم *Sorgastrum nutans* بین ۷/۵ تا ۹/۶ و در دو رقم *Calamovilfa longifolia* بین ۴/۵ تا ۷/۹ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت (Madakadze *et al.*, 2001). آن‌ها نشان دادند که دمای پایه و درصد جوانه‌زنی در بین و درون گونه متفاوت است ولی بین دهک‌های مختلف در هر رقم از نظر دمای پایه اختلافی وجود ندارد.




**شکل ۷- واکنش سرعت جوانه زنی در دماها و پتانسیل‌های مختلف آب (بار) با مدل دو تکه ای در دو گونه ماشک گل خوشه‌ای**

Figure 7- Response of germination rate in different temperatures and water potential (bar) using segmented function in two species of vetch

همچنین در تحقیقات درباره اثر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی نه رقم کلزا (*Brassica napus*)، دمای پایه در این نه رقم بین صفر تا ۴ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب بین ۱۶ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (Latifi *et al.*, 2004). آن‌ها همچنین گزارش کردند دماهای کم‌تر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی شدند، در حالی که کاهش دما به کم‌تر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد موجب تأخیر بیش‌تر در شروع جوانه‌زنی شد، به ویژه کاهش دما از ۱۰ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گرادتا ۳ برابر باعث تأخیر در شروع جوانه‌زنی شد. محمودی و همکاران (Mahmoodi *et al.*, 2008) نشان دادند که به ترتیب توابع رگرسیونی دندان مانند و دوتکه‌ای بهترین معادلات برای تعیین واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) نسبت به دما

Archive of SID

www.SID.ir

است. آنها در دامنه دمایی مورد استفاده از ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و با فواصل ۵ درجه و با استفاده از توابع مذکور دماهای پایه و سقف و دمای مطلوب برای جوانه‌زنی را به ترتیب ۰/۶۴، ۴۰ و ۲۲/۲۲ درجه تخمین زدند. برخی محققان برای کمی‌کردن واکنش سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما در سه جنس ارزن (شامل ارزن معمولی *Panicum miliaceum*، ارزن مرواریدی *Pennisetum galucum* و گاورس زرد *Setaria italic*) از مدل خط‌های شکسته استفاده نمود (Kamkar *et al*., 2006). دمای پایه، دمای مطلوب تحتانی، دمای مطلوب فوقانی و دمای سقف برای جوانه‌زنی گندم در پتانسیل‌های مختلف آب به ترتیب صفر تا ۱/۵، ۲۳ تا ۲۵ و ۴۰ تا ۴۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Nozari Nejad *et al*., 2013).

## نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به تعیین دماهای کاردینال توسط مدل دوتکه‌ای دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia pannonica* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب استفاده شده به ترتیب بین ۳/۶۵- تا ۱/۳۹، ۲۳/۹۹ تا ۲۵/۵۷ و ۳۰ تا ۵۸/۵۴ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۲/۲۹ تا ۷۴/۹۷ ساعت بود همچنین دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی گونه *Vicia sativa* در دامنه‌ای از پتانسیل‌های آب به ترتیب بین ۳/۵۴- تا ۱/۳۹، ۲۲/۷۰ تا ۲۵/۶۴ و ۳۰ تا ۴۲/۲۸ درجه سانتی‌گراد تغییر داشت. ساعت زیستی برای جوانه‌زنی این گونه نیز در پتانسیل‌های مختلف آب بین ۳۳/۱۰ تا ۸۳/۵۴ ساعت بود.

## منابع

## Reference


**Ajam Norouzi, H., A. Soltani, E. Majidi, and Homaei, M. 2007.** Modeling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. J Agric Sci. Nat. Res. 14 (4): 100-111. (In Persian, with English Abstract.)

**Akram Ghaderi, F., A. Soltani, and H.R. Sadeghipour. 2008.** Effect of temperature and water potential on germination of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo*. *convar. pepo var. styriaca*), black cumin (*Nigella sativa* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). J. Agric. Sci. Nat. Res. 15(5). 1-20. In Persian, with English Abstract.)

**Alvarado, V., and K.J. Bradford, 2002**. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell Environ. 25: 1061-1069.

**Alvarado, V. 2000.** Hydrothermal time model of boranical potato seed germination. M.Sc thesis. University of California. Davis.

**Bradbeer, J.W. 1988.** Seed Dormancy and Germination. Blackie, Glasgow. pp: 146.

**De Villiers, A.J., M.W. Van Rooyrn, G.K. Theron, and H.A. Van De Venter. 1994.** Germination of three namaqaland pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light. Seed Sci. Technol. 22: 424-423.

**Forcella, F., R.L. Benech Arnold, R. Sanchez, and C.M. Ghersa. 2000.** Modeling seedling emergence. Field Crops Res.67: 123-139.

**Ghaderi-Far.F, A, Soltani, and H. R. Sadeghipour. 2009**. Evaluation of nonlinear regeression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. Pepo. *Convar*. Pepo var. *styriaca* Greb), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. 2009. J Agric. Sci. Nat. Res. 16(4):1-19. . (In Persian, with English Abstract.)

**Guan, B., D. Zhou, H. Zhang, Y. Tian, W. Japhet, and P. Wang. 2009.** Germination responses of Medicago ruthenica seeds to salinity, alkalinity, and temperature. J. Arid Environ. 73: 135–138.

**Iannucci, A., N. di Fonzo, and P. Martiniello. 2000.** Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under tow irrigation treatments. Seed Sci. Technol. 28: 59-66.


Archive of SID

www.SID.ir

**Kamkar, B., A. Koocheki, M.N. Mahallati, and M.P.R. Moghaddam. 2006.** Cardinal temperatures for germination in three millet species. Asian J. Plant Sci. 5: 316-319.

**Kebreab, E., and A.J. Murdoch. 2000.** The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanches aegyptiaca* seeds. Seed Sci. Res. 10: 127-133.

**Khalili, N., A. Soltani, E. Zeinali, and F. Ghaderi far, 2013.** Evaluation of nonlinear regression models to quantify barley germination rate response to temperature and water potential. Electronic J Crop Prod. 7(4): 23-40. (In Persian, with English Abstract.)

**Latifi, N., A. Soltani, and D. Spanner. 2004.** Effect of temperature on germination components in canola cultivars. Iranian J. Agric. Sci. 35(2): 313-321. (In Persian, with English Abstract.)

**Madakadze, I.C., B. Prithiviraj, K.A. Stewart, P.R. Peterson, B.E. Coulman, and D.L. Smith. 2001.** Variation in base temperatures for germination in warm season grasses. Seed Sci Technol. 29: 31-38.

**Mahmoodi, A., E. Soltani, and H. Barani. 2008.** Germination response to temperature of snail medic (*Medicago scutellata* L.). Electronic J. Crop Prod. 1(1): 54-63. (In Persian, with English Abstract.)

**Michel, B.E., and M.R. Kaufmann. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 72: 66-70.

**Nozari Nejad, M., E. Zeinali, A. Soltani, E. Soltani, and B.Kamkar. 2013**. Quantify wheat germination rate response to temperature and water potential. Electronic J Crop Prod. 6(4): 117-135. (In Persian, with English Abstract.)

**Soltani, A. 2007.** Application of SAS in statistical analysis. 2nd ed., JDM Press, Mashhad, Iran, 182p.

**Soltani, A., and V. Maddah. 2010**. Simple, applied programs for education and research in agronomy. Niak Press.

**Soltani, A., M.J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi Daz, and R. Sarparast. 2006.** Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Field Crop Res. 138: 156-167.

**Tan, D.K.Y., A.H. Wearing, K.G. Rickert, and C.J. Birch. 1997.** A systems approach to developing model that predicts crop ontogeny and maturity in broccoli in south-east Queensland. In: Wollin, A.S. and K.G. Rickert. (Eds.), Third Australia and New Zealand Systems Conference Proceedings Linking People, Nature, Business and Technology. The University of Queensland, Gatton, 179-187.

**Torabi, B., M. Attarzadeh, and A. Soltani, 2013.** Germination response to temperature in different safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars. Seed Technol. J. 35: 47-59.

**Torabi. B., and A. Soltani. 2013.** Quantifying response of chickpea emergence to air temperature. J. Crop Prod. Processing. 2(6): 109-120. (In Persian, with English Abstract.)

**Toyomasu, T., H. Tsuji, H, Yamane, M, Nakayama, I. Yamaguchi, N. Murofushi, N. Takahashi, and Y. Inoue. 1993.** Light effects on endogenous levels of gibberellins in photoblastic lettuce seeds. J. Plant Growth Regul. 12: 85–90.

**Wang, H., H. Cutforth, T. McCaig, G. McLeod, K. Brandt, R. Lemke, T. Goddard, and C. Sprout, 2009.** Predicting the time to 50% seedling emergence in wheat using a beta model.Wagen. Life Sci. J. 57: 65-71.

**Zeinati, E., A. Soltani, S. Galeshi, and S.J. Sadati. 2010.** Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Electronic J. Crop Prod. 3(3): 23-42. (In Persian, with English Abstract.)

Archive of SID

www.SID.ir